

A nagypettyes hangyaboglárka (*Maculinea arion*) és a magyar tarkalepke (*Melitaea ornata kovacsi*) (Lepidoptera) az Aggteleki Nemzeti Park területén

Large Blue (*Maculinea arion*) and Eastern Knapweed Fritillary (*Melitaea ornata kovacsi*) in Aggtelek National Park

Tóth János Pál¹, Bereczki Judit^{2,3}, Varga Zoltán²

¹ Tokaji Borvidék Szőlészeti és Borászati Kutatóintézet, 3915 Tarcal, Könyves Kálmán u. 54.

² Evolúciós Állattani és Humánbiológia Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

³ MTA-DE "Lendület" Viselkedésokológiai Kutatócsoport, Department of Evolúciós Állattani és Humánbiológia Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

Kulcsszavak: *Wolbachia*, morfometria, DNS, ivarszerv, ökológia, élőhely fragmentáció

Key words: *Wolbachia*, morphometry, DNA, genitalia, ecology, habitat fragmentation

Kivonat

Jelen tanulmányban két, természetvédelmi szempontból kiemelt jelentőségű nappali lepkével kapcsolatos legújabb tudományos eredményeket tekintjük át.

A *Maculinea arion*-nak két eltérő formája (tavaszi és nyári) fordul elő a Kárpát-medencében, amelyek között számos különbség van, mint például a szembetűnő szárnyfonák színezetbeli különbsége vagy az eltérő repülési idő. A szisztematikus vizsgálatokból kiderült, hogy a két forma sokkal gyakrabban fordul elő szintopikusan, mint azt korábban gondoltuk. A morfometriai vizsgálatok kismértékű, de szignifikáns különbségeket mutattak ki a szárny és a hím genitália jellegeken egyaránt, azonban a molekuláris markerekben (enzimpolimorfizmus és mtDNS) semmilyen differenciálódást nem találtunk. A vizsgálatok során az is kiderült, hogy a *M. arion* populációi erősen fertőzöttek a *Wolbachia* nevű intracelluláris baktériumokkal, amelyek képesek a mitokondriális DNS-szekvenciák variabilitásának a „lenullázására” a citoplazmatikus inkompatibilitás jelenségén keresztül. A két forma közötti különbségek magyarázatához további vizsgálatok szükségesek.

Az utóbbi néhány évben számos új eredmény született a *Melitaea ornata*-val kapcsolatban. Az aktuális nevezéktani változásokat molekuláris és genitália morfometriai eredmények egyaránt alátámasztják. Jelenlegi tudásunk alapján Magyarországon az Aggteleki Nemzeti Park területe és annak környéke az egyetlen, ahol jelenleg is erős populációi tenyésznek, és ezek hosszútávon is fenntarthatók. A jelzés-visszafogásos eredmények alapján az egymástól pár száz méterre levő mintavételi helyek között is van mozgás, azonban a visszafogások alacsony szintje valószínűleg arra utal, hogy a *M. ornata kovacsi* sokkal kevésbé helyhez kötött, mint azt gondoltuk. Sajnos az enzimpolimorfizmus vizsgálatok semmilyen földrajzi mintázatot nem mutattak. A vizsgált enzimplókuszok felbontása igen csekély, tekintve, hogy nagyrészüket monomorfoknak bizonyult, illetve nagyon kis változatosságot mutatott. Az élőhelyek térinformatikai elemzése alapján úgy tűnik, hogy a Jósvalfő-Perkupa-Kánó háromszögben található élőhelyek a legfontosabbak a metapopulációs szerkezet fenntartásában.

Abstract

In this article, we summarize the recent scientific results on two butterfly species which have great importance for nature conservation.

Maculinea arion has two different phenotypic forms (spring and summer) in the Carpathian Basin. There are several differences between them, such as in the flight period or the conspicuous hind wing colouration. Based on the systematic surveys, it has become clear that

the different forms may occur in the same habitat more often than it was previously thought. The morphometric studies indicated small but significant differences between the wing pattern and the male genitalia structure of the two forms but the molecular data (enzyme polymorphism and mtDNA) did not show any differentiation. The study also pointed out that the *M. arion* populations are highly infected with intracellular bacteria called *Wolbachia* which may decrease the variability of mtDNA by cytoplasmatic incompatibility. Further studies need to explain the differences between the summer and the spring forms.

In the last few years several new results appeared in connection with *Melitaea ornata*. The actual change in the nomenclature is supported by not only the results of genital morphometrics but also the outcome of molecular studies. Based on our knowledge the Aggtelek National Park and its surroundings is the only place in Hungary where the populations of *M. ornata* could be protected for long term. The capture-recapture study showed that the butterflies can move among patches which are located several hundred metres apart. At the same time, the low level of recaptures suggests that the species has a greater mobility than we would have expected. Unfortunately, the enzyme polymorphism data did not show any geographical pattern. The resolution of the surveyed enzyme loci was very low. Most of them were monomorphic and the others showed only very low variability. The GIS based analysis of the known habitat patches indicated that the most important habitats for maintaining the metapopulation structure are located in the Jósvalfő-Perkupa-Kánó triangle.

Bevezetés

Az utóbbi évtizedekben egyre intenzívebben jelentkező antropogén hatások a természetes életterek beszűkülését, feldarabolódását, bizonyos fajok népességeinek méretbeli csökkenését, a populációk fragmentálódását és izolációját eredményezték (RICKETTS, 2001; BERGMANN *et al.*, 2004; BINZENHÖFER *et al.*, 2005). Ezek a folyamatok nagymértékben hozzájárultak a veszélyeztetett növény- és állatfajok számának drasztikus növekedéséhez (IUCN, 2008), amelynek következtében a gyakorlati természetvédelem számára kiemelkedő jelentőségűvé váltak a konzervációbiológiai kutatások. Ezek elsősorban a veszélyeztetett fajok populációira irányulnak, melyek közül többen indikátor szerepet töltenek be. Az indikátorfajok jelenléte, illetve populációméretük ingadozása jelzi az adott társulásban lezajló változások trendjeit. Rendszeres megfigyelésük révén képet kaphatunk a teljes közösség vagy a közösség bizonyos részének diverzitásáról (SIMBERLOFF, 1998a,b; FLEISHMAN *et al.*, 2005).

A nappali lepkék a nyílt élőhelyek legjobb indikátorai közé tartoznak, hiszen előfordulásukkal illetve populációdinamikájukkal érzékenyen jelzik az élőhely változását (NEW, 1997; WEIBULL *et al.*, 2000; SHREEVE *et al.*, 2001; THOMAS, 2005).

Jelen tanulmányban két, természetvédelmi szempontból kiemelt jelentőségű nappali lepkével kapcsolatos legújabb eredményeket mutatjuk be.

A *Maculinea* fajok (hangyaboglárkák) Európa szerte a természetvédelem zászlóshajói, amelyeket ernyőfajoknak tekintenek. Bonyolult életmenetük révén számos szállal kapcsolódnak élőhelyükhöz, és az utóbbi évtizedekben igen intenzív kutatások folytak a *Maculinea* fajok jobb megismerése érdekében. A *Maculinea* nemzetségen belül az egyik legszembetűnőbb élőhely-vesztést a *Maculinea arion* (Linnaeus, 1758) (nagypettyes hangyaboglárka) szenvedte el. Ez a faj a XX. század második felében több európai országból is kipusztult, így Hollandiából 1964-ben (TAX, 1989), az Egyesült Királyságból 1979-ben (THOMAS 1995) és Belgiumból 1996-ban (GOFFART, 1997; THOMAS *et al.*, 2009). A faj egész Európában védettséget élvez: szerepel az Európai Élőhelyvédelmi Irányelv IV. függelékében, valamint az IUCN Vörös Listán „mérsékelten fenyegetett” (NT), a lepkék Európai Vörös Listáján pedig „veszélyeztetett” (EN) státusban van.

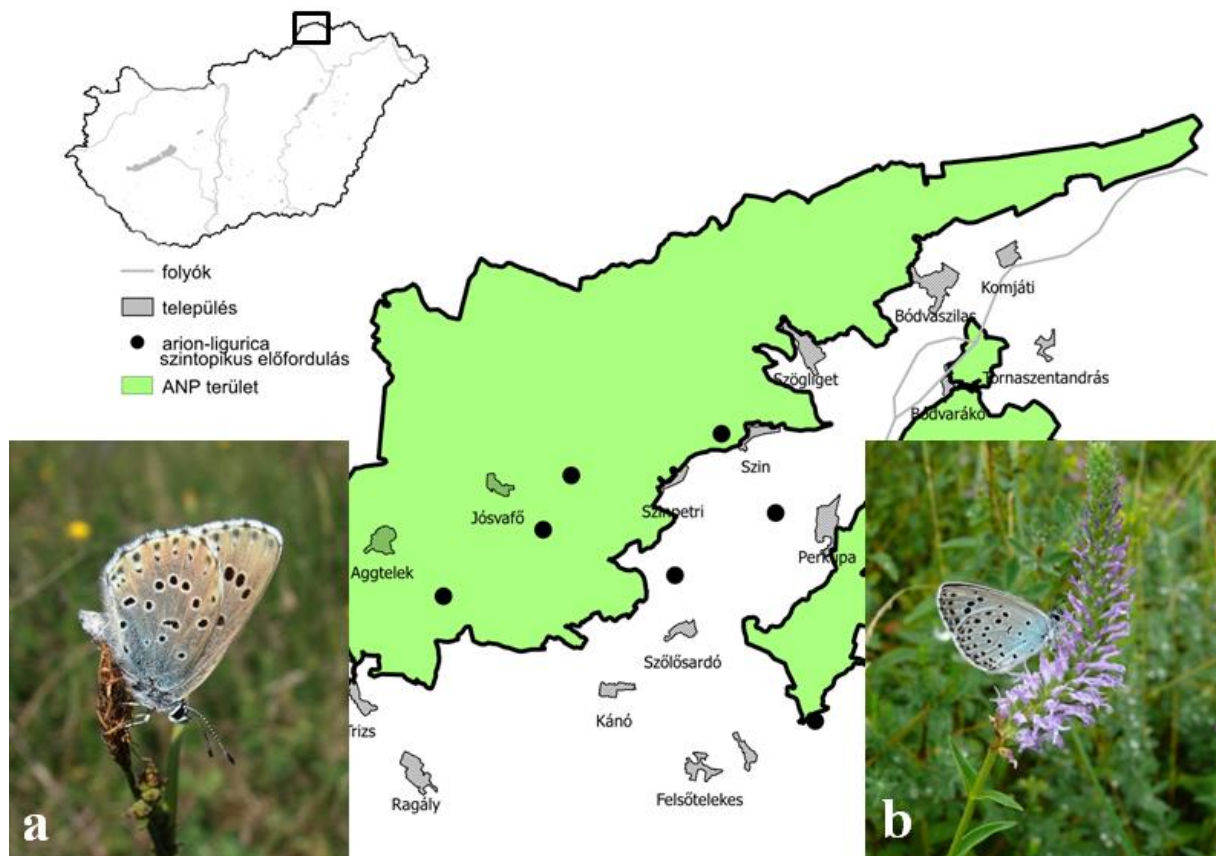
A másik faj a tarkalepkék közé tartozó *Melitaea ornata kovacsi* (Kovács-tarkalepke), amellyel kapcsolatban 2005 óta számos új eredmény született. A faj nincs benne a jelenlegi európai nappali lepkés nagy összefoglaló munkákban, így például sem az európai nappali lepkék elterjedési atlaszában (KUDRNA *et al.*, 2011), sem az európai nappali lepkék klímakockázat atlaszában nem szerepel (SETTELE *et al.*, 2008). A legfrissebb Európai Nappali Lepkék Vörös Könyvében pedig mindössze mint adathiányos faj szerepel, pedig az utóbbi évek kutatásai számos új információt tártak fel a fajjal kapcsolatban.

A nagypettyes hangyaboglárka (*Maculinea arion*) eltérő fenotípusai a Kárpát-medencében

A nagypettyes hangyaboglárka morfológiailag rendkívül változatos. Mindezidáig legalább húsz morfológiailag eltérő formáját írták le (VERITY, 1940-1953; CHESHIRE, 2011). Európában általában három alfaját különböztetik meg (HIGGINS & RILEY, 1970; THOMAS, 1996; TOLMAN & LEWINGTON, 2008): (i) *Maculinea arion arion* (Linnaeus, 1758) – a legelterjedtebb alfaj, amelyet Németországból (Nürnberg) írtak le; (ii) *Maculinea arion ligurica* (Wagner, 1904) – Északnyugat-Olaszország Liguria tartományából írták le mint „varietas” (iii) *Maculinea arion obscura* (Christ, 1878) – a svájci Alpok (Zermatt, Liestal) magashegységi alakja, de hasonló formák a Balkán-félsziget magashegységeiben is előfordulnak.

A Kárpát-medencében két eltérő alak fordul elő, amelyek között számos különbség van. A gyors röptű, kisméretű, sötét alapszínű, a hátsó szárnyak fonákának tövi részein nagy kiterjedésű csillogó kék behintéssel rendelkező tavaszi forma május közepétől június közepéig rajzik. Elsősorban rövidfűvű gyepekben fordul elő, amelyet korán virágzó kakukkfű sarjtelep foltok (*Thymus serpyllum* L., *Th. pannonicus* All., stb.) tarkítanak, melyek a faj iniciális tápnövényei (**1a. ábra**). Ezzel szemben a lassabb röptű, nagyobb méretű, világos ezüstös kék alapszínű nyári alak június végétől augusztus közepéig rajzik, és főleg erdőszegélyek mentén, illetve tisztásokon fordul elő, ahol tápnövényként későn virágzó kakukkfű fajokat (*Th. pulegioides* L.) valamint szurokfűvet (*Origanum vulgare* L.) használ (**1b. ábra**).

A két fenológiai forma előfordulásával kapcsolatban sokáig az volt az általános nézet, hogy – néhány ritka kivételtől eltekintve – különböző élőhelyeken fordulnak elő. Az elmúlt évek szisztematikus kutatásai azonban rámutattak arra, hogy a két forma sokkal gyakrabban fordul elő egyazon élőhelyen, szintopikusan, mint azt gondoltuk (**1. ábra**).

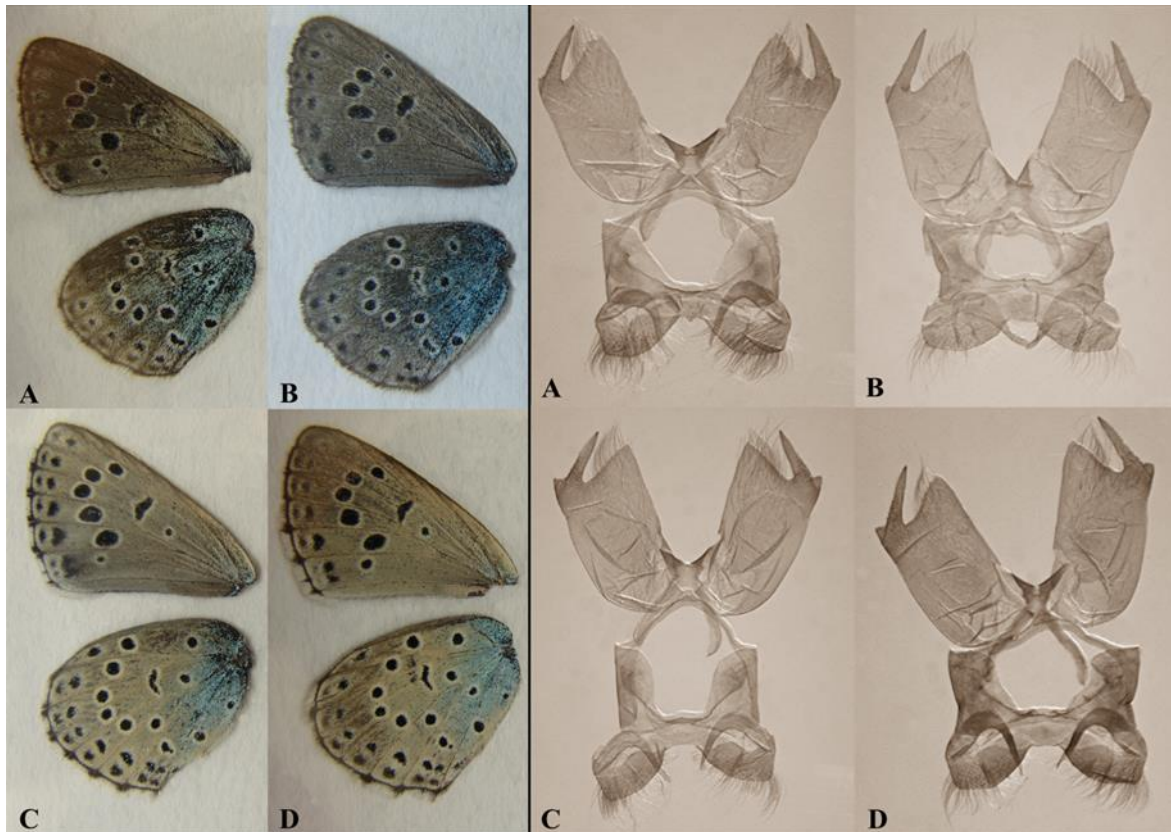


1. ábra. A két fenológiai forma szintopikus előfordulása az Aggteleki-karszton. (a) *Maculinea arion arion* tavaszi forma; (b) *Maculinea arion ligurica* nyári forma.

Fig. 1.: Syntopic occurrence of the phenological forms (a) *Maculinea arion arion* spring form (b) *Maculinea arion ligurica* summer form.

Az elmúlt években a két fenológiai formával kapcsolatban intenzív genetikai és morfometriai vizsgálatok zajlottak, amelyek arra irányultak, hogy részletesen feltárják a közöttük levő különbségeket. Ezek a kutatások modern és sokoldalú módszertani megközelítésen alapultak, pontosan azért, hogy eredményükként komplex képet kapjunk a *M. arion* Kárpát-medencei alakjairól.

A két forma differenciálódásának mértékét elsőként a geometriai morfometria eszköztárának segítségével vizsgáltuk. A szárnyakon és a külső hím ivarszervén végzett mérések eredményeképpen azt kaptuk, hogy a két fenológiai alak között jelentős méretbeli különbség van mind a szárnyak, mind az ivarszerv vonatkozásában (a nyári *arion* nagyobb). Ezen kívül a szárnyak alakja és a fonákon levő sötét foltok elhelyezkedése szempontjából is elkülönülnek egymástól, valamint az ivarszerv fogókészülékének alakja is eltérő, bár ez utóbbi esetében csak kismértékű, de szignifikáns különbségeket kaptunk (BERECZKI *et al.*, 2013) (**2. ábra**).



2. ábra. A két fenológiai forma szárny fonáka és a hímek fogókészüléke. (A, B) *M. arion* tavaszi forma; (C, D) *M. arion*– nyári forma

Fig. 2.: Hindwing underside of the two phenological forms (A, B) *M. arion* spring form; (C, D) *M. arion* summer form.

Ugyanakkor a molekuláris vizsgálatok során sem enzim szinten (BERECZKI *et al.*, 2011), sem DNS-szinten (citokróm-oxidáz I-es és II-es alegység) nem tudtunk különbséget kimutatni a két forma között. Ráadásul a mitokondriális DNS-szekvenciák alapján szerkesztett filogenetikai fák azt mutatták, hogy a Kárpát-medencei egyedek szekvenciái rendkívül homogének, a megvizsgált 2217 bázispárban mindössze 10 variábilis pozíció volt. Mindez arra engedett következtetni, hogy valószínűleg a Kárpát-medencei populációk is fertőzöttek azokkal az intracelluláris baktériumokkal, amelyeket előzőleg lengyelországi és olaszországi populációkból már kimutattak (SIELEZNIEW, 2012; SIELEZNIEW *et al.*, 2012; PATRICELLI *et al.*, 2013). A *Wolbachia* nemzetségbe tartozó baktériumok ugyanis képesek a mitokondriális DNS-szekvenciák variabilitásának a „lenullázására” a citoplazmatikus inkompatibilitás (CI) jelenségén keresztül. A CI esetében a fertőzött hímek nem képesek megtermékenyíteni a nem fertőzött vagy a más törzzsel fertőzött nőstényeket. Mivel mind a *Wolbachia*-k, mind a mtDNS alapvetően anyai ágon öröklődik, ezért a fertőzött nőstények által hordozott baktérium szekvenciák és mitokondriális haplotípusok egymással kapcsolatosak. Egy fertőzött egyed egyik populációból a másikba történő vándorlása egy szelekciós seprűt hozhat létre a társult mtDNS haplotípussal kapcsolatban, amely végigsöpör az eredetileg fertőzéstől mentes populáción. Ez azt eredményezi, hogy egy vagy maximum nagyon kevés mtDNS változat marad fenn a populációban, vagyis a variabilitás nagymértékben lecsökken. A fertőzés szélsőséges esetben akár különböző fajok mtDNS haplotípusait is összemoshatja (amennyiben ugyanazzal a *Wolbachia*-törzzsel fertőzöttek), aminek eredményeképpen két fajhoz ugyanaz a mitokondriális haplotípus („barkód”) tartozik (JIGGINS, 2003). Ezekben az esetekben a fajok ugyan tisztán elkülöníthetők morfológiailag és nukleáris genetikai markerek alapján, mégis

egységesnek tűnnek a faji identifikáció alapjául szolgáló mtDNS szerint. A *M. arion* két formája esetében is fennáll ez a lehetőség, ugyanis a Kárpát-medencei egyedeket letesztelve kiderült, hogy azok 100%-ban fertőzöttek *Wolbachia*-kkal (BERECZKI *et al.*, 2013). Ugyanakkor ennek a pontosabb kiderítéséhez további vizsgálatok szükségesek.

A két forma közötti különbségek magyarázatára egy másik lehetőség a differenciális hangyagazda használat. Ha ugyanis az egyes formák különböző *Myrmica* fajok fészkeiben fejlődnek, akkor az a szimpatrikus fajkeletkezés alapjául szolgáló mechanizmus lehet. A *M. arion* hangyagazda használatával kapcsolatban azonban sajnos nem állnak rendelkezésünkre Kárpát-medencei adatok. A faj fő nyugat-európai hangyagazdája a *Myrmica sabuleti*, ami számos magyarországi *M. arion* élőhelyen is megtalálható, vagyis potenciális gazdafaj, ugyanakkor eddig nem találtak *M. arion* hernyókat a fészkeiben. További adatok állnak rendelkezésünkre a lengyelországi populációkkal kapcsolatban, amelyek egy élőhelyen belül is többféle hangyagazdát használnak, ugyanakkor a gazdahasználat földrajzi régióként különbözik (SIELEZNIEW *et al.*, 2003, 2010a,b,c; SIELEZNIEW & STANKIEWICZ, 2008). A Kárpát-medencei adathiány egyértelműen az intenzív kutatás hiányára vezethető vissza, amelyet az elkövetkezendő időszakban sürgősen pótolni kell.

Az elmúlt néhány év intenzív kutatásainak ellenére számos nyitott kérdés maradt a nagypettyes hangyaboglárka Kárpát-medencei populációival kapcsolatban, amelyek közül a legalapvetőbbek a két fenológiai forma meglétére irányulnak. Ezzel kapcsolatban az alábbi lehetséges magyarázatok merülnek fel: (i) a fajt sújtó intenzív *Wolbachia*-fertőzés és az annak következtében fellépő szelekciós seprű mossa egybe a két forma mtDNS haplotípusait, amelyek között az elkülönülés faji szintű, csak az eddig használt molekuláris markerek nem alkalmasak a kimutatására; (ii) a két forma eltérő *Myrmica* fajokat használ hangyagazdaként, ami a szimpatrikus fajkeletkezés egy konkrét lehetősége, vagyis a speciáció jelenleg zajlik; (iii) az eltérő fenológiai formák különböző alternatív stratégiákat folytató egyedek: bizonyos nőtények utódai tovább (akár több éven keresztül) fejlődnek a hangyafészkekben, mint ahogy ez ismert jelenség a hangyaboglárkák körében (THOMAS *et al.*, 1998; SCHÖNROGGE *et al.*, 2000); (iv) a két forma megléte komplex okokra (az előzőek kombinációjára) vezethető vissza. A kérdés tisztázásához további intenzív kutatások szükségesek.

A magyar tarkalepke (*Melitaea ornata kovacsi*): taxonómia, elterjedés és ökológia

Taxonómia

Az utóbbi néhány évben számos új eredmény született a nagy tarkalepke (*Melitaea phoebe* [Denis et Schiffermüller], 1775) sokáig félreismert testvérfajával, a *Melitaea ornata*-val Christoph, 1893 kapcsolatban, amelynek taxonómiai státusza sokat változott az elmúlt években. A következő részben rövid áttekintést adunk a faj nevezéktani változásaival és annak okaival kapcsolatban.

Az, hogy a *Melitaea phoebe*-nek több eltérő formája fordul elő a Kárpát-medencében, Kovács Lajos figyelmét keltette fel először, ami azt eredményezte, hogy 1967-ben megszületett a *M. phoebe kovacsi* Varga, 1967 leírása (VARGA, 1967). A faji elválasztást akadályozta, hogy a Bükk-hegység déli részén hibridnek vélt átmeneti fenotípusú egyedeket találtak. A későbbiekben kiderült, hogy a *M. „phoebe” kovacsi* hernyói látványosan eltérnek a *M. phoebe* hernyóktól, ugyanis míg az előbbiek fekete, addig az utóbbiak piros fejkapszulával rendelkeznek (VARGA *et al.*, 2005). Mint később kiderült, ez a mintázat nemcsak a hazai populációkra igaz, hanem annál sokkal általánosabb érvényű, ugyanis a pontomediterrán térségben számos *M. phoebe* alfaj és rokon faj hasonló eltéréseket mutat a fejkapszula színezetében. Ez a felismerés vezetett el oda, hogy a hernyók diagnosztikus bélyegei alapján revidéálják ezeknek a formáknak a taxonómiai státuszát, és az akkor ismert legrégebbi név alatt (*Melitaea telona* Frusthorfer, 1908) ez a faj önálló faji rangot kapjon (RUSSEL *et al.*,

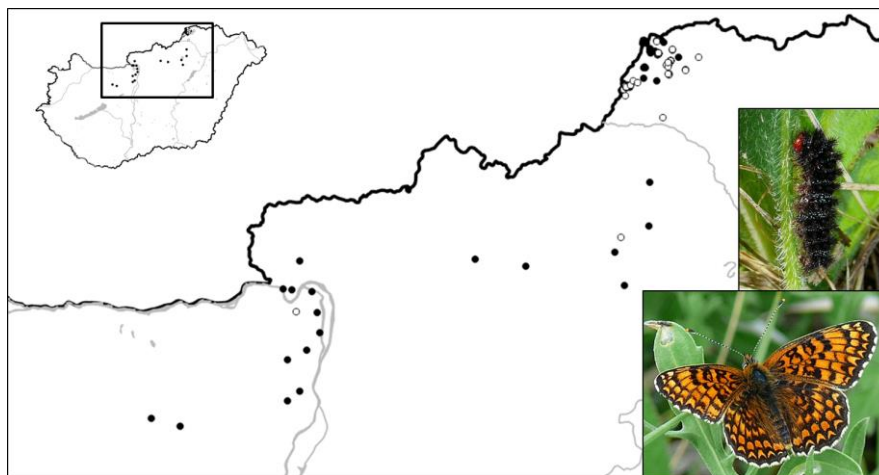
2007). Később a hernyómorfológiai különbségekre alapozott revíziót több különböző módszer megerősítette: enzimpolimorfizmus (PECSENYE *et al.*, 2007), DNS-alapú filogenetika (LENEVEU *et al.*, 2009) és genitália morfometria (TÓTH & VARGA, 2010). Az intenzív kutatásoknak köszönhetően az elmúlt néhány évben sok új információ került elő a fajjal kapcsolatban. Bebizonyosodott az, hogy a faj elterjedése jóval nagyobb, mint azt előzőleg gondoltuk, mivel számos helyről került elő Oroszországból és Kazahsztánból. Az is kiderült, hogy a *M. phoebe ornata*-ként Christoph, 1893 leírt taxon szintén a *M. telona* formakörbe tartozik. Mivel az *ornata* leírásának éve sokkal korábbi a *telona* leírásának événél, a prioritás elve értelmében a faj érvényes neve a *Melitaea ornata* Christoph, 1893 (TÓTH & VARGA, 2011). A nevezéktanban az is komoly zavart okozott, hogy gyakran összetévesztették vagy konspecifikusnak gondolták a *Melitaea punica*-val Oberthür, 1876, amelyről azonban szintén kiderült, hogy önálló faj, és kizárólag Észak-Afrikában fordul elő (LENEVEU *et al.*, 2009; TÓTH & VARGA, 2011).

Elterjedés

A Kárpát-medencében a fő elterjedési területtől izolált alfaj képviseli, a *Melitaea ornata kovacsi* Varga, 1967, amely az erdőössztyepp-fauna egyik jellegzetes karakterfaja. A Kárpát-medencén belül a faj elterjedésével kapcsolatban Magyarország területéről van a legtöbb ismeretünk (BÁLINT *et al.*, 2006; VARGA, 2007). Jelenlegi tudásunk alapján csak az Aggteleki Nemzeti Park (továbbiakban: ANP) területén és annak peremterületein tenyésznek erős populációi, és ezek hosszútávon is fenntarthatók (VARGA *et al.*, 2005; VARGA, 2007). Meg kell azonban jegyeznünk azt, hogy valójában az Aggteleki-karszt és a Bükk hegység azok a területek, amelyek az utóbbi évtizedben legintenzívebben vizsgáltak, és a dunántúli populációk helyzetéről, információk hiányában, szinte semmit sem tudunk.

A faj védelmének szükségességét a Bükk hegységben lejátszódott drasztikus visszaszorulása példázza talán a legjobban. Múzeumi példányok alapján egyértelmű, hogy a '60-70-es években a faj még elterjedt volt a déli-Bükkben, azonban a közelmúltban végzett faunisztikai vizsgálatok szomorú eredménye, hogy a hajdani élőhelyek közül egyiken sem sikerült megtalálni a fajt. Jelenleg csak néhány hely ismert, ahol a *M. ornata kovacsi* gyenge populációi még tenyészhetnek, így az ANP területén és környékén található állományok megőrzése és fenntartása kulcsfontosságú feladat a faj megőrzése szempontjából (3. ábra).

Az ANP területén 2009-óta végzünk intenzív faunisztikai kutatásokat, amelynek köszönhetően számos eddig ismeretlen *M. ornata kovacsi* élőhelyet térképeztünk fel.



3. ábra: A *Melitaea ornata kovacsi* ismert magyarországi lelőhelyei. A fekete körök nagyrészt '60-70-es évek adatai, míg a fehér körökkel jelzett pontok 2000 utániak. (A Magyar Természettudományi Múzeum és a szerzők által végzett faunisztikai kutatások alapján).

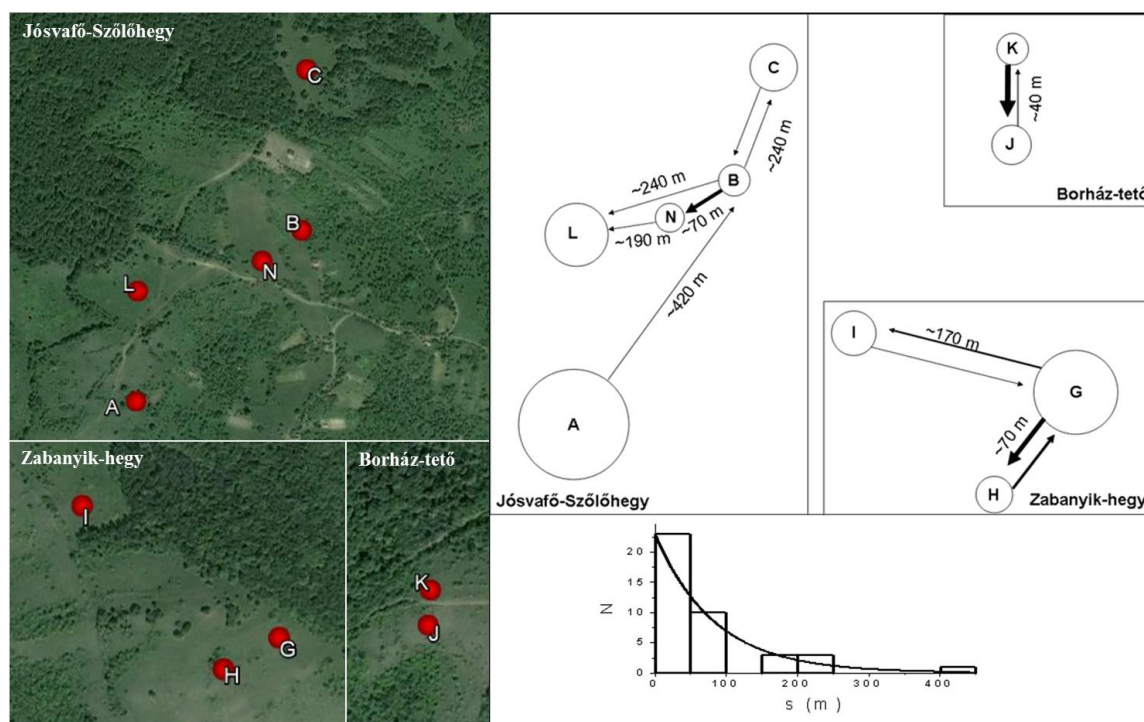
Fig 3.: The known occurrence of *M. ornata kovacsi* in Hungary. The black dots represent occurrence data which are mostly originated from the 60's and 70's. The recent data (after 2000) are indicated with white dots. (Based on the collection of the Hungarian Natural History Museum and the authors' faunistic surveys.)

Élőhely konnektivitás és metapopulációs szerkezet

Az élőhelyek konnektivitása és a metapopulációs szerkezet fenntartása, szükség esetén kialakítása fontos része a konzervációbiológiának. Az, hogy két élőhely folt (funkcionális) kapcsolatban van-e egymással, több különböző tényező eredője. Az egyik alapvető tényező az adott élőlény diszperziós képessége, a másik pedig az adott élőhely környezete, amely gátolhatja vagy segítheti a faj terjedését. Az, hogy a vizsgált élőlény milyen távolságokon belül levő élőhelyeket képes elérni, erősen fajfüggő, így igen fontosak az ilyen kérdések megválaszolását célul kitűző vizsgálatok, amelyek metodikai szempontból több típusba sorolhatók.

A mára már hagyományosnak tekinthető jelzés-visszafogás vizsgálatok konkrét és kézzelfogható eredményekkel szolgálhatnak a vizsgálati objektum mozgásterületéről és diszperziós képességéről egyaránt. Ezzel szemben a populációk genetikai struktúráját vizsgálva azt elemezzük, hogy például adott élőhelyek között mennyire erős a génáramlás.

A *Melitaea ornata kovacsi* diszperziós képességét jelzés-visszafogás révén vizsgáltuk (TÓTH *et al.*, 2011) tíz mintavételi helyen párhuzamosan (**4. ábra**).



4. ábra: A jelzés-visszafogás vizsgálatok mintavételi helyei (balra) és a megfigyelt migrációs események és azok légvonalban mért hosszai méterben kifejezve (jobbra) (TÓTH *et al.*, 2011 nyomán).

Fig 4.: The sample sites of the capture-recapture survey (left) and the observed migration events and the distance in air metres (right) (based on TÓTH *et al.*, 2011)

A mintavételezés teljes ideje alatt 307 *M. ornata kovacsi* egyedet jelöltünk meg, ebből mindössze 12%-ot sikerült visszafognunk. Véleményünk szerint az alacsony visszafogás elsősorban nem a magas mortalitással magyarázható, sokkal inkább azzal, hogy az állatok kevésbé helyhez kötöttek, és mivel az összes mintavételi helyen viszonylag nagy területek állnak rendelkezésre (a faj számára megfelelő vegetációval), így nem meglepő a visszafogások alacsony aránya. Az eredmények alapján azonban világos, hogy az egymástól pár száz méterre levő mintavételi helyek között is van mozgás, az egyedek számára elérhetők, azonban a visszafogások alacsony szintje miatt az egyedek legnagyobb részéről nem kaptunk információt.

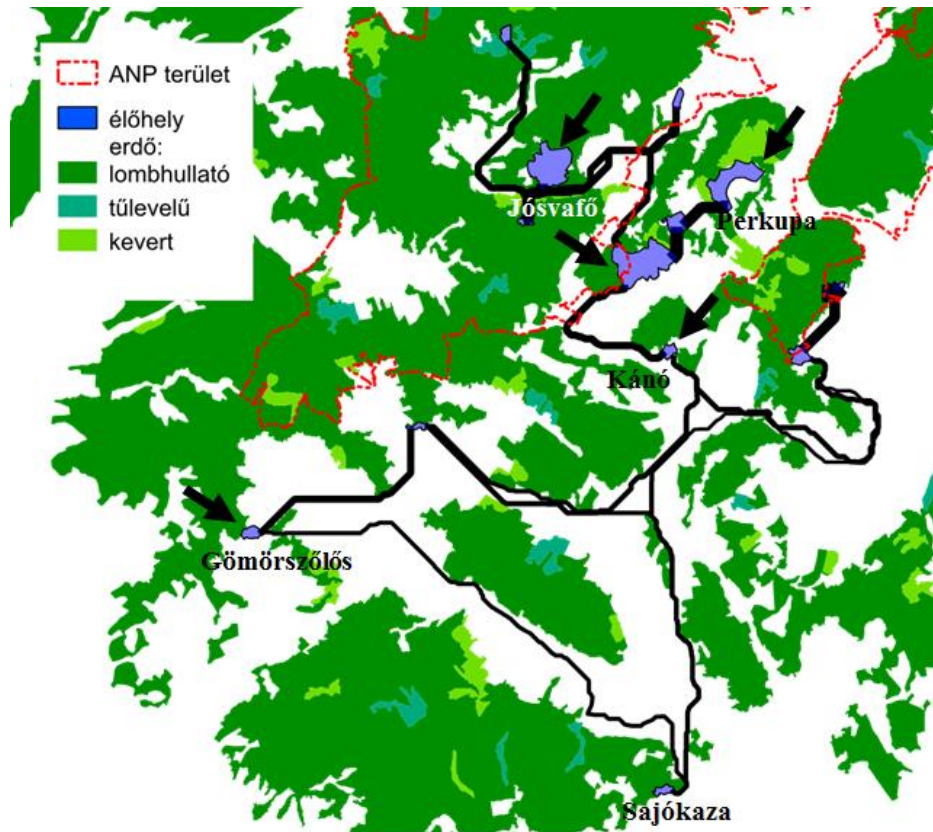
Mivel a jelzés-visszafogás adatsorból csak igen hiányos képet kaptunk a Kovács-tarkalepke terjedő képességével kapcsolatban, 2011-ben az Aggteleki-karszt minden fontos élőhelyén genetikai mintát gyűjtöttünk az élőhelyek közötti génáramlás feltérképezésére. Sajnos az enzimpolimorfizmus adatok előzetes analízise semmilyen földrajzi mintázatot nem mutatott. A vizsgált enzimplókuszok nagy része monomorfnak bizonyult, illetve nagyon kis változatosságot mutatott. Úgy tűnik, hogy az alkalmazott módszer ilyen kis léptékben nem ad kellően finomléptékű felbontást (publikálatlan adatok alapján).

Mivel sem a jelzés-visszafogás, sem az enzimpolimorfizmus vizsgálatok eszköztárával nem sikerült kellő mennyiségű információt kapnunk a *M. ornata* diszperziós képességéről, terepi tapasztalataink és gráfelméleti módszerek alapján kezdtük el vizsgálni az ismert élőhelyek hálózatát. Ennek előzetes eredményeit mutatjuk most be.

A Graphab 1.1 (FOLTËTE *et al.*, 2012) program segítségével megrajzoltattuk az ismert élőhelyek közötti lehető legkevesebb költséggel járó útvonalakat. A módszer lényege, hogy az élőhelyek környezetében található tájelemeket kategóriákba soroljuk, és meghatározzuk, hogy az adott tájelemen való átkelés milyen költséggel jár az egyed számára, majd ezután a program elkészíti az optimális útvonalakat.

A tájborítást a CORINE legfrissebb adatbázisából (2006) kölcsönöztük, és kiegészítettük azt ismert *M. ornata* élőhelyekkel. A költségek meghatározásánál a *Melitaea ornata kovacsi*-val kapcsolatos terepi tapasztalataink voltak mérvadóak. A CORINE kategóriákat alapvetően 3 csoportra osztottuk. A különböző erdőtípusokat magas költséggel jellemeztük, mivel a vizsgált fajjal sohasem találkozunk zárt erdőben. Megfigyeléseink szerint legfeljebb átrepül felettük, de sokkal gyakrabban fordul elő az, hogy az egyed az erdő határához érve annak szegélyén halad tovább. A másik végletet azok a tájelemek képezték, amelyek valószínűleg nem akadályozzák a terjedést, sőt adott esetben „stepping stone”-ként szolgálva elősegítik azt. Ilyenek voltak például a legelők vagy a jelentős fél-természetes vegetációval borított agrárterületek (pl. extenzív gyümölcsösök). A kettő közötti átmeneti kategóriákba a különböző ember által kialakított tájelemek kerültek, mint például szántók vagy a falvak.

Egy másik fontos paraméter a maximális távolság, ami nagymértékben limitálja a foltok közötti funkcionális kapcsolatot. Mivel ezzel kapcsolatban pontos adatok nem állnak rendelkezésre, az ábrázolásnál a becsült útvonalak vastagságát a távolsággal fordított arányban határoztuk meg, ezzel utalva arra a feltevésünkre, hogy minél nagyobb a távolság az élőhelyek között, a kapcsolat valószínűsége annál kisebb (**5. ábra**). Terepi tapasztalataink alapján a legerősebbnek vélt populációkat is jelöljük. Ennek alapjául a genetikai mintavételezés és a transzekt vizsgálatok során tapasztaltakra építettünk.



5. ábra: Az ismert *M. ornata* élőhelyek az ANP területén és környékén. Az élőhelyeket összekötő vonalak (fekete) azokat a potenciális útvonalakat jelölik, amelyeken haladva az egyedek a legkisebb költséggel érhetik el a szomszédos élőhelyet. A vonal vastagsága fordítottan arányos annak hosszával (minél nagyobb a távolság, annál kisebb a kapcsolat valószínűsége). A tapasztalataink alapján legnagyobb egyedszámú populációkat nyíllal jelöltük.

Fig 5.: The known habitats of *M. ornata* in the Aggtelek National Park. The connecting lines between habitat patches mark the least cost paths between neighbour habitats. The width of the lines is reciprocally proportional with the distance. Based on our experience, we indicated the biggest populations with arrows.

Az élőhelyek térbeli elhelyezkedéséből jól látszik, hogy az ismert élőhelyek közül a Jósvafő-Perkupa-Kánó háromszögben található egymáshoz viszonylag közeli erős populációk, amelyek nagy valószínűséggel kapcsolatban vannak egymással. A GömörSZőlös közelében található állomány ugyan jelentős méretű, de a jelenlegi ismereteink alapján igen nagy távolságra van a legközelebbi *M. ornata* populációtól.

A karsztfennsíkkal kapcsolatban további kutatások szükségesek, hiszen itt jelentős területi borításúak a felnyíló dolomit tölgyesek, amelyek hosszútávon kezelés nélkül is fennmaradó élőhelyei a *M. ornata kovacsi*-nak. Bár a jelenlegi térképre csak egy élőhely-foltot tudtunk berajzolni, a régebbi adatok (1961-73) alapján nagyon valószínű, hogy még számos található ebben a régióban.

Köszönetnyilvánítás:

Szeretnénk köszönetet mondani mindazoknak, akik nélkülözhetetlen segítséget nyújtottak a terepi munkában: Kozma Péter, Wendy Astill, Karen Aylward, Tim Baker, Jonathan Bradley, Jess Chappell, Richard és Ann Collier, Sam Hyde-Roberts, Stephanie Rogers, Linda Meadows, Richard Muirhead, David Norfolk és Tim Thomas. Külön köszönet illeti Kathy

Henderson-t és Nigel Spring-et, valamint az ANP Igazgatóság munkatársait, Huber Attilát, Farkas Rolandot és Boldogh Sándort, akik segítségével ez a munka nem jöhetett volna létre. Nagyra értékeljük Bálint Zsolt segítségét, aki lehetővé tette a Magyar Természettudományi Múzeumban található példányok vizsgálatát.

Szeretnénk köszönetet mondani az OTKA (K84071, K109223) anyagi támogatásáért.

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Irodalom:

- BÁLINT ZS., GUBÁNYI A. & PITTE G. (2006): *Magyarországi védett pillangóalakú lepkéinek katalógusa*. Budapest, Magyar Természettudományi Múzeum. 136 p.
- BERECZKI J., TÓTH J. P., TÓTH A., BÁTORI E., PECSENYE K. & VARGA Z. (2011): The genetic structure of phenologically differentiated Large Blue (*Maculinea arion*) populations (Lepidoptera: Lycaenidae) in the Carpathian Basin. *European Journal of Entomology* **108**: 519–527.
- BERGMAN, K. & LANDIN, J. (2002): Population structure and movements of a threatened butterfly (*Lopinga achine*) in a fragmented landscape in Sweden. *Biological Conservation* **108**: 361–369.
- BINZENHÖFER, B.; SCHRÖDER, B.; STRAUSS, B.; BIEDERMANN, R. & SETTELE, J. (2005): Habitat models and habitat connectivity analysis for butterflies and burnet moths – The example of *Zygaena carniolica* and *Coenonympha arcania*. *Biological Conservation* **126**: 247–259.
- Cheshire, S. (2011): British Butterflies: Species: Species Account – The Large Blue <http://www.britishbutterflies.co.uk/species-info.asp?vernacular=Large+Blue>.
- FLEISHMAN, E.; THOMSON, J. R.; MAC N. R.; MURPHY, D. D. & FAY, J. P. (2005): Using indicator species to predict richness of multiple taxonomic groups. *Conservation Biology* **19**: 1125–1137.
- FOLTÊTE, J.; CLAUZEL, C. & VUIDEL, G. (2012): A software tool dedicated to the modelling of landscape networks. *Environmental Modelling & Software* **38**: 316–327.
- GOFFART, P. (1997): Libellules et papillons en Wallonie. Louvain-la-Neuve: Université Catholique de Louvain-la-Neuve. 1–33.
- HIGGINS, G. L. & RILEY, D. N. (1970): *Die Tagfalter Europas und Nordwestafrikas*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- JIGGINS, F. M. (2003): Male-killing *Wolbachia* and mitochondrial DNA: selective sweeps, hybrid introgression and parasite population dynamics. *Genetics* **164**: 5–12.
- KUDRNA, O.; HARPKE, A.; LUX, K.; PENNERSTORFER, J.; SCHWEIGER, O.; SETTELE, J. & WIEMERS, M. (2011): *Distribution atlas of butterflies in Europe*. Halle, Gesellschaft für Schmetterlingsschutz. 573 p.
- LENEVEU, J.; CHICHVARKHIN, A. & WAHLBERG, N. (2009): Varying rates of diversification in the genus *Melitaea* (Lepidoptera: Nymphalidae) during the past 20 million years. *Biological Journal of the Linnean Society* **97**: 346–361.
- NEW, T. R. (1997): Are Lepidoptera effective 'umbrella group' for biodiversity conservation? *Journal of Insect Conservation* **1**: 5–12.
- PATRICELLI, D.; SIELEZNIEW, M.; PONIKWICKA-TYSZKO, D.; RATKIEWICZ, M.; BONELLI, S.; BARBERO, F.; WITEK, M.; BUŚ, M.; RUTKOWSKI, R. & BALLETO, E. (2013): Contrasting genetic structure of rear edge and continuous range populations of a parasitic butterfly infected by *Wolbachia*. *BMC Evolutionary Biology* **13**: 14.

- PECSENYE K., BEREZKI J., TIHANYI B., TÓTH A., PEREGOVITS L. & VARGA Z. (2007): Genetic differentiation among the *Maculinea* species (Lepidoptera : Lycaenidae) in eastern Central Europe. *Biological Journal of the Linnean Society* **91**: 11–21.
- RICKETTS, T. H. (2001): The Matrix Matters: Effective Isolation in Fragmented Landscapes. *The American Naturalist* **158**: 87–99.
- RUSSELL, P.; TENNENT, W. J.; PATEMAN, J.; VARGA, Z.; BENYAMINI, D.; PE'ER, G.; BÁLINT ZS. & GASCOIGNE-PEES, M. (2007): Further investigations into *Melitaea telona* Frushstorfer, 1908 (= *ogygia* Frushstorfer, 1908 = *emipunica* Verity, 1919) (Lepidoptera: Nymphalidae), with observations on biology and distribution. *Entomologist's Gazette* **58**: 137–166.
- SCHÖNROGGE, K.; WARDLAW, J. C.; THOMAS, J. A. & ELMES, G. W. (2000): Polymorphic growth rates in myrmecophilous insects. *Proceedings of the Royal Society (B)* **267**: 771–777.
- SETTELE, J.; KUDRNA, O.; HARPKE, A.; KÜHN, I.; VAN SWAY, C.; VEROVNIK, R.; WARREN, M.; WIEMERS, M.; HANSPACH, J.; HICKLER, T.; KÜHN, E.; VAN HALDER, I.; VELING, K.; Vliegenthart, A.; WYNHOFF, I. & SCHWEIGER, O. (2008): *Climatic risk atlas of European butterflies*. Moscow, Pensoft. 710 p.
- SHREEVE, T. G.; DENNIS, L. H.; ROY, D. B. & MOSS, D. (2001): An ecological classification of British butterflies: Ecological attributes and biotope occupancy. *Journal of Insect Conservation* **5**: 145–161.
- SIELEZNIEW, M. (2012): Setting of priorities in conservation of *Phengaris* (*Maculinea*) butterflies at the regional scale using ecological and genetic data. Future of butterflies in Europe III. Wageningen, Netherlands.
- SIELEZNIEW, M. & STANKIEWICZ, A. M. (2008): *Myrmica sabuleti* (Hymenoptera: Formicidae) not necessary for the survival of the population of *Phengaris* (*Maculinea*) *arion* (Lepidoptera: Lycaenidae) in eastern Poland: Lower host-ant specificity or evidence for geographical variation of an endangered social parasite? *European Journal of Entomology* **105**: 637–641.
- SIELEZNIEW, M.; STANKIEWICZ, A. M. & BYSTROWSKI, C. (2003): First observation of one *Maculinea arion* pupa in a *Myrmica lobicornis* nest in Poland. *Nota lepidopterologica* **25**: 249–250.
- SIELEZNIEW, M.; DZIEKAŃSKA, I. & STANKIEWICZ-FIEDUREK, A. M. (2010a): Multiple host-ant use by the predatory social parasite *Phengaris* (= *Maculinea*) *arion* (Lepidoptera, Lycaenidae). *Journal of Insect Conservation* **14**: 141–149.
- SIELEZNIEW, M.; PATRICELLI, D.; DZIEKAŃSKA, I.; BARBERO, F.; BONELLI, S.; CASACCI, L. P.; WITEK, M. & BALLETO, E. (2010b): The first record of *Myrmica lonae* (Hymenoptera: Formicidae) as a host of the socially parasitic Large Blue butterfly *Phengaris* (*Maculinea*)* *arion* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Sociobiology* **56**: 465–476.
- SIELEZNIEW, M.; WŁOSTOWSKI, M. & DZIEKAŃSKA, I. (2010c): *Myrmica schencki* (Hymenoptera: Formicidae) as the primary host of *Phengaris* (*Maculinea*) *arion* (Lepidoptera: Lycaenidae) at heathlands in Eastern Poland. *Sociobiology* **55**: 95–106.
- SIELEZNIEW, M.; RUTKOWSKI, R.; PONIKWICKA-TYSZKO, D.; RATKIEWICZ, M.; DZIEKAŃSKA, I. & ŠVITRA, G. (2012): Differences in genetic variability between two ecotypes of the endangered myrmecophilous butterfly *Phengaris* (= *Maculinea*) *alcon* – the setting of conservation priorities. *Insect Conservation and Diversity* **5**: 223–236.
- SIMBERLOFF, D. (1998a): Flagships, umbrellas, and keystones: is single species management passé in the landscape era? *Biological Conservation* **83**: 247–257.
- SIMBERLOFF, D. (1998b): Small and declining populations. In: Sutherland, W. J. (ed.) *Conservation Science and Action*. Blackwell Science, Oxford, pp. 116–134.

- THOMAS, J. A. (1995): The ecology and conservation of *Maculinea arion* and other European species of large blue butterfly. In: PULLIN, A. S. (ed.): *Ecology and Conservation of Butterflies*. Chapman & Hall, London. 180-196 p.
- THOMAS, J. A. (1996): *Maculinea arion* (Linnaeus, 1758). In: SPEIGHT M. C. D.; VAN HELSDINGEN P. J. & WILLEMSE L. (eds.): *Background information on invertebrates of the Habitats Directive and the Bern Convention. Part I – Crustacea, Coleoptera and Lepidoptera* – Nature and Environment No 79. Council of Europe Publishing, Strasbourg, 157–163.
- THOMAS, J. A. (2005): *Maculinea* and myrmecophiles as sensitive indicators of grassland butterflies (umbrella species), ants (keystone species) and other invertebrates. In: SETTELE, J.; KÜHN, E. & THOMAS, J. A. (eds.): *Studies on Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol. 2. Species Ecology along a European Gradient: Maculinea Butterflies as a Model*. Pensoft, Sofia-Moscow. 28–31.
- THOMAS, J. A.; ELMES, G. W. & WARDLAW, J. C. (1998): Polymorphic growth in larvae of the butterfly *Maculinea rebeli*, a social parasite of *Myrmica* ant colonies. *Proceedings of the Royal Society (B)* **265**: 1895–1901.
- THOMAS, J. A.; SIMCOX, D. J. & CLARKE, R. T. (2009): Successful Conservation of a Threatened *Maculinea* Butterfly. *Science* **325**: 80–83.
- TOLMAN, T. & LEWINGTON, R. (2008): *The most complete guide to the butterflies of Britain and Europe*. London, HarperCollins. 384 p.
- TÓTH J. P.; BERECKZI J.; SPRING, N. & VARGA Z. (2011): Dispersal ability and habitat selection in *Melitaea telona kovacsi* Varga, 1967 and *M. phoebe* (Denis & Schiffermüller, 1775) (Nymphalidae) in steppe grassland. *Nota Lepidopterologica* **33**: 199 – 207.
- TÓTH J. P. & VARGA Z. (2010): Morphometric study on the genitalia of sibling species *Melitaea phoebe* and *M. telona* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* **56**: 273–282.
- TÓTH J. P. & VARGA Z. (2011): Inter- and intraspecific variation in the genitalia of the 'Melitaea phoebe group' (Lepidoptera, Nymphalidae). *Zoologischer Anzeiger - A Journal of Comparative Zoology* **250**: 258–268.
- VARGA Z. (1967): A *Melitaea phoebe* délkelet-európai populációinak taxonómiai elemzése, két új alfaj leírásával. *Acta biologica Debrecina* **5**: 119–137.
- VARGA Z. (2007): A Kovács-tarkalepke (*Melitaea telona kovacsi* Varga, 1967) a Kárpát-medencében. In: FORRÓ L. (szerk.): *A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása. A Kárpát-medence állattani értékei és faunájának kialakulása*. Budapest, Magyar Természettudományi Múzeum. 143–152.
- VERITY R. (1940-1953): *Le farfalle diurne d'Italia*. Firenze: Marzocco.
- WEIBULL, A.; BENGTSSON, J. & NOHLGREN, E. (2000): Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of the farming system and landscape heterogeneity. *Ecography* **23**. 743–750.